

**PRIORITY  
DOCUMENT**SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

REC'D 09 NOV 2004

WIPO PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung****Aktenzeichen:**

103 45 057.2

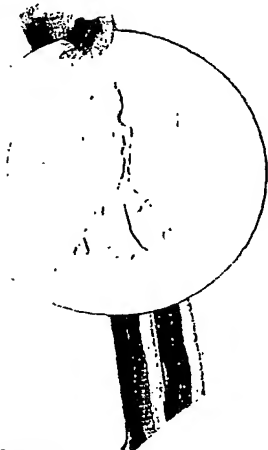
**Anmeldetag:**

26. September 2003

**Anmelder/Inhaber:**Rheinisch-Westfälisch-Technische Hochschule,  
52056 Aachen/DE**Bezeichnung:**Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung des La-  
dezustandes einer Batterie**IPC:**

G 01 R 31/36

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.



München, den 12. Oktober 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

**BEST AVAILABLE COPY****Schmidt C.**

## Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung des Ladezustandes einer Batterie

5

Beschreibung:

### Technisches Gebiet

10

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen des Ladezustandes einer Batterie.

15

Unter einer Batterie soll hier ein allgemeiner elektrochemischer Generator verstanden werden, der eine oder mehrere galvanische Zellen enthält, in denen elektrische Energie anhand von chemischen Reaktionen gewonnen wird.

20

Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung eignen sich insbesondere zur Bestimmung des Ladezustandes von wieder aufladbaren Blei- und Nickel-Cadmium- (Ni-Cd-) Akkumulatoren und wieder aufladbaren Nickel-Metallhydrid- (Ni-MH-) Batterien.

25

Die Erfindung betrifft ferner eine für die Durchführung des Verfahrens geeignete Vorrichtung.

### Stand der Technik

30

Der Ladezustand einer wieder aufladbaren Batterie kann nicht aus einer bloßen Messung der Klemmspannung ermittelt werden, da die Spannungscharakteristik dieser Batterien starke Hysterese-Effekte zeigt, also von der „Vorgeschichte“ der Batterie abhängt.

Der Ladezustand wird daher oft während eines vollständigen Zyklus des Entladens und wieder Aufladens oder während mehrerer Zyklen bestimmt.

- 5 Dieses Vorgehen ist jedoch offensichtlich sehr teuer und zeitaufwendig. Zudem kann die Batterie während des Testvorgangs nicht als Stromquelle genutzt werden.

10 Als eine Alternative für die schnelle, zerstörungsfreie und verlässliche Ermittlung des Ladezustandes von Batterien wurde die elektrochemische Impedanzspektroskopie vorgeschlagen.

15 Diese Methode beruht darauf, Parameter aus dem Impedanzspektrum einer Batterie zu extrahieren, die sich als monotone Funktion des Ladezustandes darstellen lassen.

In der Figur 1 ist ein typisches Impedanzdiagramm einer Batterie dargestellt. Der Realteil der Impedanz wird darin mit  $Z'$  und der Imaginärteil mit  $Z''$  bezeichnet.

20 Es ist bekannt, dass das induktive Verhalten der Impedanz für hohe Frequenzen des Wechselstroms mit der Geometrie der galvanischen Zelle und der Porosität der Elektrodenplatten verknüpft ist.

Das kapazitive Verhalten für niedrige Frequenzen erlaubt Rückschlüsse auf die verschiedenen elektrochemischen Elektrodenprozesse, die in den in der Zelle stattfindenden Reaktionen beinhaltet sind.

30 Versuche an Batterien mit alkalischen Elektrolyten, den Ladezustand aus den Impedanzparametern bei hohen Frequenzen zu ermitteln, waren nicht erfolgreich, da das Elektrolyt selbst nicht an den Elektrodenprozessen beteiligt ist und  
35 somit keinen Beitrag zum Realteil der Impedanz liefert.

Ein Verfahren, dem die Bestimmung des Ladezustandes aus dem Imaginärteil der Impedanz bei hohen Frequenzen zugrunde liegt, ist bislang nicht bekannt.

- 5 Es ist jedoch bekannt, dass die Impedanzparameter bei niedrigen Frequenzen Rückschlüsse auf den Ladezustand erlauben.

Eine Vielzahl von Verfahren und Vorrichtungen sind dokumentiert, welche auf dieser Methode aufbauen. Bei diesen Verfahren werden beispielsweise der Modul der Impedanz, der  
10 Phasenwinkel, die Admittanz oder die Kapazität der Zelle gemessen und mit dem Ladezustand der Batterie in Beziehung gesetzt.

- 15 Messungen bei niedriger Frequenz sind jedoch zeitaufwendig, so dass die auf solchen Messungen beruhenden Methoden nicht für eine schnelle und permanente Überwachung des Ladezustandes einer Batterie geeignet sind.

- 20 Es ist darüber hinaus bekannt, den Ladezustand aus dem ohmschen Innenwiderstand der Batterie zu bestimmen.

Dies kann beispielsweise bei Blei-Akkumulatoren durchgeführt werden, bei denen die als Elektrolyt dienende Schwefelsäure  
25 bei den Elektrodenprozessen umgesetzt wird. Der Wert des ohmschen Innenwiderstandes erlaubt Rückschlüsse auf die Konzentration von Schwefelsäure in der Zelle und somit auf den Ladezustand der Batterie

- 30 Es hat sich aber gezeigt, dass der Wert des ohmschen Widerstandes für verschiedene Ladezustände mit einer Kapazität von über 40% der Nennkapazität nur sehr geringfügig variiert.

Zudem weist der Wert des ohmschen Widerstands eine signifikante Abhängigkeit von der Vorgeschichte der Batterie auf, welche den Einfluss des Ladezustandes auf diesen Wert so  
5 überlagern kann, dass eine Bestimmung des Ladezustandes sehr ungenau oder nicht möglich ist.

Als weiterer Nachteil dieser Methode ist zu verzeichnen, dass die Relation zwischen ohmschem Widerstand und Ladezustand  
10 während des Aufladens der Batterie nicht eindeutig ist.

### Darstellung der Erfindung

15 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein gattungsgemäßes Verfahren so weiter zu entwickeln, dass eine schnelle und zuverlässige Bestimmung des Ladezustandes einer Batterie ermöglicht wird und somit die aufgezeigten Nachteile des Standes der Technik überwunden werden.

20

Es ist zudem Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung zu schaffen, welche zur Durchführung des Verfahrens geeignet ist, und mithin ebenfalls die genannten Vorteile eines weiterentwickelten Verfahrens aufweist.

25

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe hinsichtlich des Verfahrens in Verbindung mit dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 dadurch gelöst, dass eine Durchtrittsfrequenz der durch ein Wechselstromsignal angeregten Batterie ermittelt wird, und  
30 die Durchtrittsfrequenz dem Ladezustand der Batterie zugeordnet wird.

Das die Batterie anregende Wechselstromsignal wird dabei durch eine mit der Batterie verbundene Wechselstromquelle erzeugt.

5

Das Verfahren wird vorzugsweise dafür genutzt, den Ladezustand von in Betrieb befindlichen Batterien zu bestimmen.

10

Die Wechselstromquelle ist daher vorzugsweise eine in dem von der Batterie versorgten Stromnetz befindliche Last oder eine in dem Stromnetz befindliche Wechselstromquelle, die nicht notwendig regelbar ist.

15

Das von der Batterie versorgte Stromnetz enthält oft Lasten, welche Störsignale an das Stromnetz abgeben. Diese im Stromnetz vorhandenen Störsignale überlagern den von der Batterie gelieferten Gleichstrom mit einer Wechselstromkomponente.

20

Es ist besonders bevorzugt, in dem Stromnetz vorhandene mit einer gewissen Frequenz geschaltete Widerstände als Wechselstromquellen zu nutzen.

25

Zudem sind in dem die Batterie beinhaltenden Stromnetz unter Umständen zusätzliche Wechselstromquellen vorhanden, welche die Batterie anregen.

30

Das erfindungsgemäße Verfahren kann damit als rein passives Verfahren in dem Sinne durchgeführt werden, dass keine zusätzliche, speziell und ausschließlich zur Durchführung des Verfahrens notwendige Stromquelle zur Anregung der Batterie benötigt wird.

Es ist jedoch ebenfalls vorgesehen die Batterie zur Durchführung des Verfahrens mit einer regelbaren Wechselstromquelle zu verbinden, falls die in dem von der Batterie versorgten Stromnetz vorhandenen Wechselstromsignale in einem  
5 die Durchtrittsfrequenz beinhaltenden Frequenzbereich keine ausreichend hohen Amplituden aufweisen.

10 Zur Bestimmung der Durchtrittsfrequenz der Batterie wird eine über der Batterie abfallende Spannung und eine Stromstärke eines durch die Batterie fließenden Wechselstroms gemessen.

Die erfindungsgemäß ermittelte Durchtrittsfrequenz ist die Frequenz, bei der in einem Impedanzdiagramm die Ortskurve der komplexen Impedanz der Batterie die reelle Achse schneidet.  
15 Die so ermittelte Durchtrittsfrequenz wird nachfolgend auch mit  $f_{\pm}$  bezeichnet.

Zur Bestimmung der Impedanz der Batterie werden eine über die Batterie abfallende Spannung und die Stromstärke eines durch  
20 die Batterie fließenden Wechselstroms gemessen.

Die Erfindung macht so Gebrauch von der überraschenden Entdeckung, dass eine eindeutige Relation zwischen der Durchtrittsfrequenz und dem Ladezustand der Batterie besteht.

25

Die Durchtrittsfrequenz entspricht damit der Durchtrittsfrequenz eines aus der Batterie und einer Wechselstromquelle bestehenden Stromkreises.

30 Dabei sollen jedoch nur die Eigenschaften der Batterie und nicht in der Wechselstromquelle vorhandene Innenwiderstände, innere Kapazitäten oder Induktivitäten die Resonanzbedingungen bestimmen. Obwohl eine möglichst exakte Bestimmung der

Durchtrittsfrequenz besonders zweckmäßig ist, können selbstverständlich auch andere Frequenzen mit vergleichbaren Eigenschaften zur Durchführung der Erfindung eingesetzt werden. Die erfindungsgemäß eingesetzte Durchtrittsfrequenz bezeichnet daher nicht nur den ermittelten exakten Schnitt zwischen der Ortskurve der komplexen Impedanz der Batterie und der reellen Achse, sondern auch andere Frequenzen mit vergleichbaren Eigenschaften, insbesondere die Resonanzfrequenz.

10 Dem Verfahren liegt eine eindeutige Relation zwischen der Durchtrittsfrequenz und dem Ladezustand der Batterie zugrunde.

Es wird anhand der Figur 3 dargelegt werden, dass diese  
15 Relation zwischen dem Ladezustand einer Batterie und der Durchtrittsfrequenz besteht und in einem sehr weit gefassten Bereich von Betriebsbedingungen einer Batterie gültig ist.

Die Durchtrittsfrequenz soll im Folgenden mit  $f_+$  bezeichnet  
20 werden und kann auf zweierlei Weisen charakterisiert werden:

Sie entspricht zum einen der Frequenz, bei der die über der Batterie abfallende Wechselspannung und die Stromstärke des durch die Batterie fließenden Wechselstroms in Phase sind.

25 Zum anderen verschwindet für einen durch die Batterie fließenden Wechselstrom mit Frequenz  $f_+$  der Imaginärteil der komplexwertigen Impedanz.

Zur Bestimmung von  $f_+$  werden die Messungen der über der  
30 Batterie abfallenden Wechselspannung und der Stromstärke des durch die Batterie fließenden Wechselstromes für verschiedene Wechselstromfrequenzen durchgeführt.

Vorzugsweise wird dafür ein Frequenzbereich vorgegeben, der typischerweise auftretende Durchtrittsfrequenzen enthält. Dieser Frequenzbereich kann dann mit vorgegebenen Frequenzabständen oder kontinuierlich abgescannt werden.

5 Es ist in einer vorteilhaften Durchführungsform vorgesehen, eine Phasendifferenz zwischen der Phase der Wechselspannung und der Phase der Stromstärke des Wechselstroms zu bestimmen.

10 Die Phasendifferenz wird für jeden gescannten Frequenzwert ermittelt, um die Frequenz zu bestimmen, bei der diese Phasendifferenz verschwindet.

Diese Frequenz ist die Durchtrittsfrequenz und wird anhand  
15 der Relation zwischen Durchtrittsfrequenz und Ladezustand einem Ladezustand zugeordnet.

Der auf diese Weise ermittelte Ladezustand kann dann einem Benutzer der Batterie angezeigt oder an ein System übertragen  
20 werden, das die Betriebszustände der Batterie überwacht.

In einer ebenfalls sehr bevorzugten Durchführungsform des Verfahrens wird die komplexwertige Impedanz der Batterie in Abhängigkeit der Wechselstromfrequenz ermittelt.

25 Es ist zweckmäßig hierfür eine Fourier-Transformation des Spannungssignals und des Stromstärkesignals vorzunehmen oder die Impedanz direkt zu berechnen und anschließend zu transformieren.

30 Vorzugsweise wird dabei eine schnelle Fourier-Transformation durchgeführt.

Aus den Resultaten der Impedanzberechnung wird dann die Frequenz ermittelt, bei welcher der Imaginärteil der Impedanz verschwindet.

- 5 Dies ist die Durchtrittsfrequenz  $f_z$  der anhand des zwischen ihr und dem Ladezustand der Batterie bestehenden Zusammenhangs der aktuelle Ladezustand zugeordnet werden kann.

- 10 Die Relation zwischen Durchtrittsfrequenz und Ladezustand wird zusätzlich durch die Betriebstemperatur der Batterie und den durch die Batterie fließenden Gleichstrom beeinflusst.

- 15 In einer bevorzugten Durchführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden daher die Betriebstemperatur und die Stromstärke des durch die Batterie fließenden Gleichstroms erfasst und in der Relation zwischen Durchtrittsfrequenz und Ladezustand berücksichtigt.

- 20 Zudem wird die Relation zwischen Durchtrittsfrequenz und Ladezustand in einem geringem aber einer Messung zugänglichen Maße vom Alterungszustand der Batterie beeinflusst.

- 25 Die Genauigkeit mit welcher der Ladezustand bestimmt wird kann also dadurch weiter erhöht werden, dass der Alterungszustand der Batterie in der Relation zwischen Durchtrittsfrequenz und Ladezustand berücksichtigt wird.

- 30 Es ist somit ebenfalls möglich, den Alterungszustand der Batterie aus der Durchtrittsfrequenz zu bestimmen.

Ein weiterer Aspekt der Erfindung besteht darin, eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens zu schaffen.

Hinsichtlich dieser Vorrichtung wird die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe durch ein Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 14 gelöst, die ein Mittel zur Bestimmung einer Durchtrittsfrequenz der durch ein Wechselstromsignal angeregten Batterie und ein Mittel zur Zuordnung der Durchtrittsfrequenz zu dem Ladezustand der Batterie enthält.

Das Mittel zur Bestimmung der Durchtrittsfrequenz erfasst und verarbeitet die über der Batterie abfallende Wechselspannung und die Stromstärke des durch die Batterie fließenden Wechselstroms.

Vorzugsweise enthält das Mittel zur Bestimmung der Durchtrittsfrequenz weitere Mittel zur Ermittlung der Phasen und Amplituden der Spannungs- und Stromsignale und zur Bestimmung der Impedanz der Batterie.

Weitere Vorteile, Besonderheiten und zweckmäßige Weiterbildungen der Erfindung und insbesondere der erfindungsgemäßen Vorrichtung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Darstellung bevorzugter Ausführungsbeispiele anhand der Abbildungen.

25

### Beschreibung der Zeichnungen

Von den Zeichnungen zeigt:

Figur 1: Ein Impedanzdiagramm einer kommerziellen Batterie in einem mittleren Ladezustand mit einem typischen Impedanzverhalten.

Figur 2: Änderungen des Imaginärteils der Impedanz in Abhängigkeit der Frequenz.

5      Figur 3: Die Korrelation zwischen der Durchtrittsfrequenz und des Ladezustandes für einen 70Ah-Bleiakkumulator während des Entladens bei einer Temperatur von  $-18^{\circ}\text{C}$ .

10      Figur 4: Eine Veranschaulichung der Impedanzparameter als Ortskurve in der komplexen Ebene.

15      Figur 5: Ein Blockdiagramm einer Vorrichtung zur Bestimmung des Ladezustandes einer Batterie mit Phasen-Komparator ohne regelbare Wechselstromquelle in einer Ausführungsform.

20      Figur 6: Ein Blockdiagramm einer Vorrichtung zur Bestimmung des Ladezustandes einer Batterie mit Phasen-Komparator ohne regelbare Wechselstromquelle in einer anderen Ausführungsform.

25      Figur 7: Ein Blockdiagramm einer Vorrichtung zur Bestimmung des Ladezustandes einer Batterie mit Phasen-Komparator und regelbarer Wechselstromquelle.

30      Figur 8: Ein Blockdiagramm einer auf der Bestimmung der Impedanz basierenden Vorrichtung zur Bestimmung des Ladezustandes einer Batterie ohne regelbare Stromquelle.

Figur 9: Ein Blockdiagramm einer auf der Bestimmung der Impedanz basierenden Vorrichtung zur Bestimmung des Ladezustandes einer Batterie mit regelbarer Stromquelle.

Figur 1 zeigt ein typisches Impedanzdiagramm einer kommerziellen Batterie, das für Frequenzen zwischen 6000 und  $10^{-3}$  Hz als Ortskurve in der so genannten komplexen Ebene dargestellt ist. In dieser Darstellung wird der negative Imaginärteil der Impedanz für die betrachteten Frequenzen gegen den Realteil der Impedanz aufgetragen. Der Imaginärteil der Impedanz ist dabei wie üblich mit  $Z''$  und der Realteil mit  $Z'$  bezeichnet.

- 10 Messwerte sind in dieser, wie auch in den folgenden Figuren durch Punkte dargestellt; die dargestellte Linie ist die Regressionskurve an diesen Messwerten.

15 Dem Diagramm kann ein signifikant induktives Verhalten der Batterie für Frequenzen oberhalb von 100 Hz entnommen werden. Dieses entspricht dem Bereich mit  $-Z'' < 0$ .

20 Es ist bekannt, dass dieses Verhalten von der Geometrie der in der Batterie enthaltenen galvanischen Zellen und der Porosität der Elektrodenplatten bestimmt wird.

Der Realteil des Schnittpunktes der dargestellten Kurve mit der  $Z'$ -Achse wird mit  $R_+$  bezeichnet. Er entspricht dem inneren ohmschen Widerstand der Batterie und setzt sich aus den ohmschen Widerständen des Elektrolyts, der Elektroden und der Anschlüsse der Batterie zusammen.

30 Wie eingangs bereits erwähnt, lässt der Wert des Parameters  $R_+$  Rückschlüsse auf den Ladezustand eines Bleiakкумуляtors zu, da ein während des Entladens erfolgendes Absinken der Schwefelsäurekonzentration im Elektrolyt den ohmschen Innenwiderstand verändert.

Das kapazitive Verhalten der Batterie bei kleineren Frequenzen (Bereich mit  $-Z'' > 0$ ) wird im Wesentlichen von den verschiedenen an den elektrochemischen Reaktionen beteiligten Prozessen bestimmt.

5 Inwieweit eine Untersuchung der Impedanzparameter in den einzelnen Bereichen einer Bestimmung des Ladezustandes dienen kann und welche Nachteile mit einer Ladezustandsbestimmung anhand dieser Parameter verbunden sind, wurde eingangs darge-  
10 legt.

Im Rahmen der Forschungsarbeiten, die zu der Entwicklung der vorliegenden Erfindung führten, wurde die Durchtrittsfrequenz  $f_+$  von Batterien betrachtet. Diese entspricht der Frequenz  
15 bei welcher der Imaginärteil  $Z''$  der Impedanz verschwindet und stellt damit die zu dem Impedanzwert  $R_+$  gehörende Frequenz dar.

20 Die Abhängigkeit des Imaginärteils der Impedanz von der Frequenz einer über der Batterie abfallende Wechselspannung ist in der Figur 2 grafisch veranschaulicht.

Ein Vorteil der Erfindung ist, dass die Durchtrittsfrequenz  $f_+$  auf einfache Weise durch eine Interpolation der in der  
25 Figur 2 gezeigten Messkurve am Punkt mit  $-Z'' = 0$  bestimmt werden kann.

Die Durchtrittsfrequenz  $f_+$  ist, wie sich auch anhand der  
30 weiteren Beschreibung ergibt, ein einfach zugänglicher Parameter der Batterie.

Sie ist ferner dadurch ausgezeichnet, dass sie den Übergang vom induktiven zum kapazitiven Verhalten markiert.

Es wurde in den durchgeführten Versuchen festgestellt, dass  
5  $f_{\pm}$  als Funktion des Ladezustandes der Batterie monoton variiert.

In Figur 3 ist die Abhängigkeit der Frequenz  $f_{\pm}$  vom Ladezu-  
10 stand eines Bleiakkumulators dargestellt. Der Ladezustand der Batterie wird dabei mit SOC bezeichnet und in % angegeben. Die Prozentwerte beziehen sich dabei auf das Verhältnis der in der Batterie vorhandenen Ladungsmenge zur Nennkapazität der Batterie. Dieses Verhältnis wird üblicherweise als Lade-  
15 zustand der Batterie bezeichnet.

Die Nennkapazität des betrachteten Blei-Akkumulators betrug 70 Ah und die in der Figur 3 dargestellten Ergebnisse beziehen sich auf einen Entladevorgang, der bei  $-18^{\circ}\text{C}$   
20 durchgeführt wurde.

Während der Ladezustand des Akkumulators von 100% auf 0% sinkt, variiert die Durchtrittsfrequenz  $f_{\pm}$  um etwa 600 Hz.

25 Für einen vollständigen Entladevorgang bei Raumtemperatur wurde eine Veränderung der Durchtrittsfrequenz von 3000 Hz gemessen.

Die Variationen von  $f_{\pm}$  in Abhängigkeit des Ladezustandes sind  
30 damit so groß, dass eine genaue Bestimmung der Ladekapazität vorgenommen werden kann.

Der Parameter  $f_+$  kann somit als verlässliches und präzises Werkzeug für die Bestimmung des Ladezustandes einer Batterie dienen.

- 5 Die Korrelation zwischen  $f_+$  und dem Ladezustand einer Batterie wurde für eine Vielzahl von Batterietypen unter verschiedenen Betriebsbedingungen untersucht. Dabei konnten die Ergebnisse, die hier für den speziellen Fall des Entladens eines Blei-Akkumulators beispielhaft veranschaulicht sind, qualitativ bestätigt werden.

Es wurden beispielsweise eingehende Untersuchungen an Lithium- Ionen- Batterien, Ni-Cd- Batterien, Ni-MH- Batterien und an geschlossenen Blei- Gel- Batterien vorgenommen.

15

Dabei wurden Messungen kurz nach einem zwischenzeitlichen Ent- und Aufladen, während des Ent- und Aufladens und bei Temperaturen zwischen -18 und 50°C durchgeführt.

- 20 Alle Messungen erbrachten eine reproduzierbare Relation zwischen Durchtrittsfrequenz und Ladezustand der Batterie. Es wurde lediglich ein geringfügiger Hysterese-Effekt bei der Durchtrittsfrequenz festgestellt.

- 25 Das erfindungsgemäße Verfahren beruht darauf, dass bei der Durchtrittsfrequenz das induktive Verhalten der Batterie in ein kapazitives Verhalten übergeht und somit an der Durchtrittsfrequenz alle Eigenschaften und Prozesse der Batterie Einfluss auf die Impedanzparameter haben.

30

Damit kann das erfindungsgemäße Verfahren grundsätzlich zur Ladungsbestimmung bei allen Batterien genutzt werden, die ein ausreichend ausgeprägtes induktives Verhalten zeigen.

Dies beinhaltet insbesondere, dass die Ortskurve der Impedanz der Batterien in der komplexen Ebene einen Ast im Bereich negativer Werte von  $-Z''$  aufweist.

5

Typischerweise sind dies Batterien mit einer Nennkapazität von mindestens 1 Ah.

10

Das erfindungsgemäße Verfahren kann damit prinzipiell auch für Primärzellen durchgeführt werden.

15

Figur 4 zeigt eine graphische Darstellung der mit der Impedanz verknüpften Parameter in der komplexen Ebene.

20

Die Impedanz kann für jede Frequenz  $f$  entweder in Polarkoordinaten durch den Modul  $|\underline{Z}(f)|$  und den Phasenwinkel  $\phi(f)$  oder in kartesischen Koordinaten durch den Realteil  $Z'(f)$  und den negativen Imaginärteil  $-Z''(f)$  dargestellt werden.

25

Die Durchtrittsfrequenz  $f_{\pm}$  eines Reihenschwingkreises ist dadurch charakterisiert, dass der Strom durch die Batterie und die Spannung an der Batterie in Phase sind. Es gilt also  $\phi(f_{\pm})=0$ .

30

Aus der Figur 4 ist ersichtlich, dass es äquivalent ist, die Durchtrittsfrequenz durch die Bedingung  $Z''(f_{\pm})=0$  zu beschreiben.

Beide angegebenen Gleichungen zeigen jeweils eine Methode zur Bestimmung von  $f_{\pm}$  auf.

Im Rahmen der Erfindung wird von beiden Methoden Gebrauch gemacht.

Figur 5 zeigt ein Blockdiagramm einer Vorrichtung zur  
5 Bestimmung des Ladezustandes einer Batterie (40).

Die Vorrichtung ist mit einer Batterie (40) verbunden, die von Störsignalen angeregt wird, die in dem von der Batterie (40) versorgten Stromnetz vorhanden sind. Diese Störsignale  
10 sind Wechselstromsignale, welche von vorhandenen Lasten (10) oder Stromquellen (20) verursacht werden.

Die Vorrichtung beinhaltet einen Sensor (50) zum Erfassen des Wechselspannungssignals der über der Batterie (40) abfallen-  
15 den Wechselspannung.

Sie beinhaltet ebenfalls einen Sensor (60) zum Erfassen der Stromstärke des durch die Batterie (40) fließenden Wechsel-  
stroms.

20 Die Störsignale beinhalten im allgemeinen Signale verschiedener Frequenzen.

Das Spannungs- und das Stromsignal werden jeweils in einem  
25 Bandpassfilter (80,90) bearbeitet, das nur von einem harmonischen Anteil der Signale passiert werden kann, der eine Frequenz aufweist, die innerhalb eines sehr schmalen Frequenzbandes liegt.

30 Die mittlere Frequenz des Frequenzbandes kann vorzugsweise eingestellt und verändert werden, so dass der relevante Frequenzbereich abgescannt werden kann.

Die Vorrichtung verfügt ebenfalls über einen Phasenkomparator (100), der die Phasen der Anteile der Spannungs- und Stromsignale, welche die Bandpassfilter (80,90) passiert haben, ermittelt und die Phasendifferenz  $\phi(f)$  zwischen den Signalanteilen für die an den Bandpassfiltern (80,90) eingestellte Frequenz  $f$  bestimmt.

Der Wert dieser Phasendifferenz wird an eine Kontrolleinheit (110) übermittelt, welche die mittlere Durchlassfrequenz der Bandpassfilter (80,90) in Abhängigkeit des Wertes der Phasendifferenz steuert.

Dabei wird die Durchlassfrequenz der Bandpassfilter (80,90) vorzugsweise solange nachjustiert, bis sie mit der Frequenz  $f_{\pm}$  übereinstimmt, bei welcher die im Phasenkomparator (100) ermittelte Phasendifferenz  $\phi(f_{\pm})$  verschwindet.

Die Frequenz  $f_{\pm}$ , welche der Durchtrittsfrequenz entspricht, wird an eine Recheneinheit (120) übermittelt.

Die Vorrichtung verfügt ebenfalls über einen Sensor (70), der die Betriebstemperatur der Batterie (40) erfasst und an die Recheneinheit (120) sendet.

Der Sensor (70) zur Erfassung der Stromstärke des durch die Batterie (40) fließenden Wechselstromes (60) enthält ebenfalls ein Mittel zur Erfassung der Stromstärke des durch die Batterie (40) fließenden Gleichstroms, deren Wert an die Recheneinheit (120) übergeben wird.

In der Recheneinheit (120) sind die Zuordnungen zwischen den Durchtrittsfrequenzen und dem Ladezustand der Batterie (40) für verschiedene Batterietypen, für verschiedene Betriebs-  
5 temperaturen und in Abhängigkeit weiterer Betriebsbedingungen der Batterie (40) in Form von Funktionen oder Tabellen gespeichert.

Die weiteren Betriebsbedingungen umfassen die Stromstärke des  
10 durch die Batterie (40) fließenden Gleichstroms und Angaben dazu, ob die Batterie (40) entladen oder aufgeladen wird.

Die Recheneinheit (120) ist dabei vorzugsweise in der Lage,  
15 aus der Stromstärke zu ermitteln, ob die Batterie (40) entladen oder aufgeladen wird.

Die Funktionen und Tabellen zur Zuordnung werden in gesonderten Messungen ermittelt und in Form von Rechen- oder Zuordnungsvorschriften in die Recheneinheit (120) implementiert.

20 Die Messungen zur Ermittlung der Zuordnungsvorschriften können beispielsweise während mehrerer Betriebszyklen anhand aus dem Stande der Technik bekannter Verfahren durchgeführt werden.

25 Anhand dieser Vorschriften und der ihr übermittelten Informationen über die Durchtrittsfrequenz, die Temperatur und die weiteren Betriebsparameter der Batterie (40) bestimmt die Recheneinheit (120) den Ladezustand der Batterie (40).

30 Der Ladezustand wird vorzugsweise von der Recheneinheit (120) ausgegeben und kann an eine Anzeigevorrichtung (130) und/oder an ein System zur Überwachung der Batterieparameter (140) übermittelt werden.

Die in der Figur 5 dargestellte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung kann besonders vorteilhaft eingesetzt werden, falls die in dem Stromnetz vorhandenen Lasten  
5 (10) und Stromquellen (20) Wechselstromsignale mit ausreichenden Amplituden im relevanten Frequenzbereich liefern.

In typischen Stromnetzen in welche die Vorrichtung integriert werden kann, werden Widerstände dem Stromnetz mit einer  
10 bekannten Frequenz zugeschaltet und von diesem getrennt.

Die Schaltung dieser Widerstände erfolgt oftmals durch ein Steuergerät, das die Schaltfrequenz regelt und gegebenenfalls darüber hinaus die Stromstärke misst.

15

Daher ist es in einer Abwandlung der Ausführungsform der Vorrichtung gemäß Figur 5 auch möglich, das durch die vorhandenen Steuergeräte aufgezeichnete Stromstärkesignal direkt zu nutzen und es an den Phasenkomparator (100) zu  
20 übermitteln.

Diese Ausgestaltung ist in Figur 6 dargestellt.

Das Stromsignal enthält typischerweise eine Überlagerung von  
25 harmonischen Wechselstromsignalen verschiedener Frequenz, so dass es durch ein regelbares Bandpassfilter (90) gefiltert werden muss, dass wiederum durch die Kontrolleinheit (110) gesteuert wird.

30 Figur 7 zeigt ein Blockdiagramm einer Vorrichtung zur Bestimmung des Ladezustandes einer Batterie (40) mit Phasenkomparator (100) und regelbarer Wechselstromquelle (30).

Diese Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung kann vorteilhaft zur Bestimmung des Ladezustandes einer Batterie (40) verwendet werden, die nicht durch Störsignale angeregt wird.

5

Der Einsatz einer Vorrichtung gemäß dieser Ausführungsform ist vorgesehen, falls die in dem Stromnetz vorhandenen Lasten und Stromquellen keine Signale mit ausreichenden Amplituden im relevanten Frequenzbereich liefern.

10

Die in Figur 7 dargestellte Ausgestaltung unterscheidet sich von der in der Figur 5 dargestellten Ausführungsform zunächst dadurch, dass sie kein Bandpassfilter (90) für das von dem Sensor (60) erfasste Stromstärkesignal aufweist.

15

Das von dem Sensor (50) erfasste Signal der Wechselspannung wird jedoch, wie im Zusammenhang mit der Figur 5 erläutert, über das Bandpassfilter (80) an den Phasenkomparator (100) übermittelt.

20

Die Batterie ist in dieser Ausführungsform mit einer zusätzlichen regelbaren Stromquelle (30) verbunden, die einen die Batterie (40) anregenden Wechselstrom bekannter Frequenz und Phase generiert.

25

Die Frequenz und die Phase des durch die Batterie (40) fließenden Wechselstroms können daher direkt von der Stromquelle (30) an den Phasenkomparator (100) gesendet werden.

30

Eine zusätzliche Erfassung ist nicht erforderlich. Sie kann jedoch vorgesehen sein.

Das Spannungssignal der über der Batterie abfallenden Wechselspannung wird wiederum von einem entsprechenden Sensor (50) erfasst und in dem Bandpassfilter (80) bearbeitet.

- 5 Die durch den Phasenkomparator (100) ermittelte Phasendifferenz zwischen dem Strom- und dem Spannungssignal wird wiederum an die Kontrolleinheit (110) übermittelt.

- 10 Diese steuert die Frequenz des von der regelbaren Stromquelle (30) gelieferten Wechselstroms und die mittlere Durchlassfrequenz des Bandpassfilters (80) in Abhängigkeit des Wertes der Phasendifferenz.

- 15 Dabei wird die Durchlassfrequenz des Bandpassfilters (80) vorzugsweise solange nachjustiert, bis sie mit der Frequenz  $f_{\pm}$  übereinstimmt, bei welcher die ermittelte Phasendifferenz  $\phi(f_{\pm})$  verschwindet.

- 20 Das Bandpassfilter (80) wird dabei insbesondere so gesteuert, dass die mittlere Durchlassfrequenz mit der Frequenz übereinstimmt, die an der Stromquelle (30) eingestellt ist.

- 25 Wenn die Durchtrittsfrequenz anhand der verschwindenden Phasendifferenz ermittelt wurde, bestimmt die Recheneinheit (120) aus der ihr übergebenen Frequenz  $f_{\pm}$  den Ladezustand der Batterie (40) so wie im Zusammenhang der Figur 5 dargestellt.

- 30 Wie erläutert ist es ebenfalls möglich, die Durchtrittsfrequenz aus der Frequenzabhängigkeit des Imaginärteils der Impedanz zu bestimmen.

Eine Vorrichtung ohne regelbare Stromquelle, der diese ebenfalls bevorzugte Methode zugrunde liegt, ist in Figur 8 in Form eines Blockdiagramms dargestellt.

5 Die Vorrichtung ist mit einer Batterie (40) verbunden, welche von Störsignalen angeregt wird, die in dem von der Batterie (40) versorgten Stromnetz vorhanden sind. Diese Störsignale sind Wechselstromsignale, welche von vorhandenen Lasten (10) oder Stromquellen (20) verursacht werden.

10

Diese Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird also vorzugsweise zur Ladezustandsbestimmung eingesetzt, falls die in dem Stromnetz vorhandenen Lasten (10) und Stromquellen (20) Wechselstromsignale mit ausreichenden Amplituden  
15 im relevanten Frequenzbereich liefern.

Die Amplituden, Frequenzen und Phasen dieser Störsignale können dabei in vielen Fällen an den Lasten (10) oder Stromquellen (20) selber ermittelt werden, wie im Zusammenhang der  
20 Figur 6 erläutert wurde.

So können Kontrolleinheiten der Lasten (10) und Stromquellen (20) so ausgelegt sein, dass sie Stromsignale an die Vorrichtung übermitteln.

25

Die Vorrichtung beinhaltet einen Sensor (50) zum Erfassen des Wechselspannungssignals der über der Batterie (40) abfallenden Wechselspannung.

30 Das Spannungssignal wird in einem Tiefpassfilter (150) bearbeitet, wobei dieses nur von den Anteilen des Signals passiert werden kann, die eine Frequenz im relevanten Frequenzbereich aufweisen.

Der Anteil des Spannungssignals der das Tiefpassfilter passiert hat, wird an ein Mittel (160) zur Fourier-Transformation übermittelt, dem auch die Informationen über die Amplitude, die Frequenz und die Phasenlage der Stromstärke des von den Lasten (10) oder Quellen (20) verursachten Wechselstromsignals übermittelt werden.

Dem Mittel (160) zur Durchführung der Fourier-Transformation stehen damit alle Information für die bestimmungsgemäße Transformation der Signale zu Verfügung.

Das Mittel (160) zur Fourier-Transformation bestimmt die Impedanz und führt eine Fourier-Transformation der Impedanz durch oder ermittelt die Transformierte der Impedanz aus den transformierten Strom- und Spannungssignalen.

Vorzugsweise führt das Mittel zur Fourier-Transformation eine schnelle Fourier-Transformation durch.

Nach der Durchführung der Transformation wird ein Signal, das Informationen über die Fourier-Transformierte der Impedanz enthält, an eine Auswerteeinheit (170) übermittelt, welche die Frequenz  $f_{\pm}$  bestimmt, bei welcher der Imaginärteil der Impedanz verschwindet.

25

Die Frequenz  $f_{\pm}$  mit  $-Z''(f_{\pm})=0$  ist die Durchtrittsfrequenz der Batterie (40).

Falls der Imaginärteil der Impedanz bei keiner der in dem Spannungssignal vorhandenen Frequenzen verschwindet, kann vorgesehen sein,  $f_{\pm}$  mit Hilfe von zwei Frequenzwerten zu interpolieren.

Die beiden Frequenzwerte werden vorzugsweise so gewählt, dass der Imaginärteil der Impedanz für die eine Frequenz sehr wenig kleiner als Null und der Imaginärteil für die andere Frequenz sehr wenig größer als Null ist und die beiden zugehörigen Werte des Imaginärteils der Impedanz werden Gerade verbunden. Die Nullstelle dieser Geraden entspricht dann der Durchtrittsfrequenz  $f_+$ .

Die Durchtrittsfrequenz, sowie die Stromstärke des durch die Batterie (40) fließenden Gleichstroms und die Betriebstemperatur werden der Recheneinheit (120) zur Verfügung gestellt.

Die Vorrichtung verfügt hierfür über Sensoren (60,70), welche die Stromstärke des durch die Batterie (40) fließenden Gleichstroms und die Betriebstemperatur der Batterie (40) erfassen.

Die Recheneinheit (120) bestimmt den Ladezustand der Batterie (40) nun wiederum so, wie im Zusammenhang der Figur 5 dargestellt.

Die in der Figur 9 im Blockdiagramm gezeigte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird vorzugsweise eingesetzt, falls die Batterie (40) nicht in ein Stromnetz integriert ist oder falls die im dem Stromnetz vorhandenen Lasten und Stromquellen keine Signale mit ausreichenden Amplituden im relevanten Frequenzbereich liefern.

Sie unterscheidet sich von der in Figur 8 dargestellten Ausführungsform dadurch, dass die Batterie (40) mit einer regelbaren Stromquelle (30) verbunden ist, die von der Auswerteeinheit (170) gesteuert wird.

Die Frequenz des von der Stromquelle gelieferten Stromes wird von der Auswerteeinheit (170) solange verändert, bis die Frequenz gefunden ist, bei welcher der Imaginärteil der Impedanz der Batterie (40) verschwindet.

5

Dabei werden Frequenz und Phase des von der Quelle (30) gelieferten Wechselstroms von der Auswerteeinheit (110) kontrolliert und die Informationen über Frequenz, Phase und Amplitude der Spannung und der Stromstärke werden an das Mittel (160) zur Durchführung der Fourier-Transformation übermittelt, bzw. teilweise von diesem ermittelt.

10

Von diesen Unterschieden abgesehen, verfügt die Vorrichtung in Figur 9 über die gleichen Komponenten wie die Vorrichtung in Figur 8 und arbeitet in der gleichen Weise.

15

Zusätzlich zu den bisher dargestellten Ausführungsformen können ebenfalls Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung vorgesehen sein, die Mittel zur Erfassung und Bestimmung von weiteren aus dem Impedanzspektrum ermittelbaren Parametern der Batterie beinhalten.

20

Damit kann die Bestimmung des Ladezustandes der Batterie anhand des erfindungsgemäßen Verfahrens durch die Bestimmung des Ladezustandes anhand weiterer Methoden ergänzt die Genauigkeit und Verlässlichkeit der Ladezustandsbestimmung weiter verbessert werden.

25

Insbesondere ist es vorteilhaft, das im Bereich der erfindungsgemäßen Vorrichtung die Amplituden der über der Batterie abfallenden Wechselspannung und der Stromstärke des durch die Batterie fließenden Gleichstroms für die Durchtrittsfrequenz  $f_z$  erfasst werden.

30

Aus dem Verhältnis dieser Amplituden kann der Parameter  $R_+$  berechnet werden und für eine zusätzliche Bestimmung des Ladezustandes verwendet werden. Dies kann in der Kontrolleinheit (110) oder in der Auswerteeinheit (170)

5 vorgenommen werden.

Darüber hinaus erlaubt der Wert von  $R_+$  Rückschlüsse auf verschiedene in der Batterie ablaufende Alterungsprozesse.

10 Die Durchtrittsfrequenz  $f_+$  hängt ebenfalls in geringem Maße vom Alterungszustand der Batterie ab.

Um eine besonders präzise Bestimmung des Ladezustandes der Batterie vornehmen zu können, kann es daher vorgesehen sein,

15 den Alterungszustand der Batterie in der Zuordnung zwischen der Durchtrittsfrequenz und dem Ladezustand zu berücksichtigen.

Ebenso ist es möglich den Alterungszustand der Batterie zu

20 ermitteln.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung eines Ladezustandes einer Batterie (40),  
dadurch gekennzeichnet,  
dass eine Durchtrittsfrequenz  $f_{\pm}$  der durch ein Wechselstromsignal angeregten Batterie (40) ermittelt wird und die Durchtrittsfrequenz  $f_{\pm}$  dem Ladezustand der Batterie (40) zugeordnet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass eine über der Batterie (40) abfallende Wechselspannung gemessen wird.
3. Verfahren nach einem oder beiden der Ansprüche 1 und 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass eine Stromstärke eines durch die Batterie (40) fließenden Wechselstroms gemessen wird.
4. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangegangenen Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass eine Phasendifferenz zwischen einer Phase der Wechselspannung und einer Phase der Stromstärke eines Wechselstroms ermittelt wird.
5. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangegangenen Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Frequenz  $f_{\pm}$  eines Wechselstroms ermittelt wird, bei der die Phasendifferenz zwischen der Phase der Wechselspannung und der Phase der Stromstärke des Wechselstroms verschwindet.

6. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangegangenen Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass eine komplexwertige Impedanz der Batterie (40)  
ermittelt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die Frequenz  $f_{\pm}$  eines Wechselstroms ermittelt wird,  
bei welcher ein Imaginärteil der komplexwertigen  
Impedanz verschwindet.

9. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangegangenen Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass eine Frequenz des die Batterie (40) anregenden  
Wechselstroms variiert wird.

10. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangegangenen Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass eine Betriebstemperatur der Batterie (40) bei der  
Zuordnung der Durchtrittsfrequenz  $f_{\pm}$  zu dem Ladezustand  
berücksichtigt wird.

11. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangegangenen Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass eine Stromstärke eines durch die Batterie (40)  
fließenden Gleichstroms bei der Zuordnung der Durch-  
trittsfrequenz  $f_{\pm}$  zu dem Ladezustand berücksichtigt  
wird.

12. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangegangenen Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass ein Alterungszustand der Batterie (40) bei der  
5 Zuordnung der Durchtrittsfrequenz  $f_{\pm}$  zu dem Ladezustand berücksichtigt wird.

13. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangegangenen Ansprüche,  
10 dadurch gekennzeichnet,  
dass ein Alterungszustand der Batterie (40) bestimmt wird.

14. Vorrichtung zur Bestimmung des Ladezustandes einer  
15 Batterie (40),  
dadurch gekennzeichnet,  
dass sie ein Mittel zur Bestimmung einer  
Durchtrittsfrequenz der durch ein Wechselstromsignal  
angeregten Batterie (40) und eine Recheneinheit (120)  
20 zur Zuordnung der Durchtrittsfrequenz  $f_{\pm}$  zu dem Ladezustand der Batterie (40) aufweist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14,  
dadurch gekennzeichnet,  
25 dass sie über eine regelbare Wechselstromquelle (30) verfügt.

16. Vorrichtung nach einem oder beiden der Ansprüche 14 und  
15,  
30 dadurch gekennzeichnet,  
dass das Mittel zur Bestimmung der Durchtrittsfrequenz  
 $f_{\pm}$  einen Sensor (50) zur Erfassung eines Wechselspannungssignals einer über der Batterie (40) abfallenden Wechselspannung enthält.

17. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 14 bis 16,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass das Mittel zur Bestimmung der Durchtrittsfrequenz  $f_{\pm}$  einen Sensor (50) zur Erfassung einer Stromstärke eines durch die Batterie (40) fließenden Wechselstroms enthält.

18. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 14 bis 17,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass das Mittel zur Bestimmung der Durchtrittsfrequenz mindestens ein regelbares Frequenzfilter (80, 90, 150) zur Filterung der erfassten Strom- und Spannungssignale enthält.

19. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 14 bis 18,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass das Mittel zur Bestimmung der Durchtrittsfrequenz  $f_{\pm}$  einen Phasenkomparator (100) enthält, der eine Phasendifferenz zwischen den gefilterten Strom- und Spannungssignalen ermittelt.

20. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 14 bis 19,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass das Mittel zur Bestimmung der Durchtrittsfrequenz  $f_{\pm}$  eine Kontrolleinheit (110) enthält, die den Wert der Phasendifferenz überprüft und die Durchlassfrequenz der Frequenzfilter (80, 90) und/oder die Frequenz der Wechselstromquelle (30) verändert, bis die Phasendifferenz Null ist.

21. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 14 bis 20,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass das Mittel zur Bestimmung der Durchtrittsfrequenz  $f_{\pm}$  ein Mittel (160) zu einer Fourier-Transformation der erfassten Stromstärke- und Spannungssignale aufweist.

22. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 14 bis 21,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass das Mittel zur Bestimmung der Durchtrittsfrequenz  $f_{\pm}$  eine Auswerteeinheit (170) zur Auswertung der transformierten Signale und zur Ermittlung der Frequenz aufweist, bei der ein Imaginärteil einer Impedanz der Batterie (40) verschwindet.

23. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 14 bis 22,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass sie einen Sensor (70) zur Erfassung einer Betriebstemperatur der Batterie (40) aufweist.

24. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 14 bis 23,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass sie einen Sensor (60) zur Erfassung der Stromstärke eines durch die Batterie (40) fließenden Gleichstroms aufweist.

25. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 14 bis 24,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass die Recheneinheit (120) Rechenvorschriften zur Zuordnung der Durchtrittsfrequenz  $f_{\pm}$  zu dem Ladezustand einer Batterie für mehrere Betriebstemperaturen der Batterie (40) enthält.

5

26. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 14 bis 25,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

10

dass die Recheneinheit (120) Rechenvorschriften zur Zuordnung der Durchtrittsfrequenz  $f_{\pm}$  zu dem Ladezustand einer Batterie für mehrere Stromstärken des durch die Batterie (40) fließenden Gleichstroms enthält.

27. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 14 bis 26,

15

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass die Recheneinheit (120) Rechenvorschriften zur Zuordnung der Durchtrittsfrequenz  $f_{\pm}$  zu dem Ladezustand einer Batterie für mehrere Alterungszustände der Batterie (40) enthält.

20

28. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 14 bis 27,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

25

dass sie eine Anzeigevorrichtung (130) zur Anzeige des Ladezustandes der Batterie aufweist.



## Bezugszeichenliste

- 5     $Z'$     Realteil der komplexwertigen Impedanz  
      $Z''$     Imaginärteil der komplexwertigen Impedanz  
      $f_{\pm}$     Durchtrittsfrequenz der Batterie  
      $R_{\pm}$     Realteil des Wertes der Impedanz für den der  
            Imaginärteil Null ist.  
      $f$     Frequenz des durch die Batterie fließenden Wechselstroms  
10    SOC    Ladezustand der Batterie  
      $Z$     Impedanz  
      $\phi$     Argument der Impedanz  
  
     10    Last  
15    20    Stromquelle  
     30    Regelbare Stromquelle  
     40    Batterie  
     50    Sensor zur Erfassung der über der Batterie abfallenden  
            Spannung  
20    60    Sensor zur Erfassung der Stromstärke des durch die  
            Batterie fließenden Stroms  
     70    Sensor zur Erfassung der Betriebstemperatur der Batterie  
     80    Bandpassfilter  
     90    Bandpassfilter  
25    100    Phasenkomparator  
     110    Kontrolleinheit  
     120    Recheneinheit  
     130    Anzeigevorrichtung  
     140    System zur Batterieüberwachung  
30    150    Tiefpassfilter  
     160    Mittel zur Fourier-Transformation  
     170    Auswerteeinheit



# Abbildungen

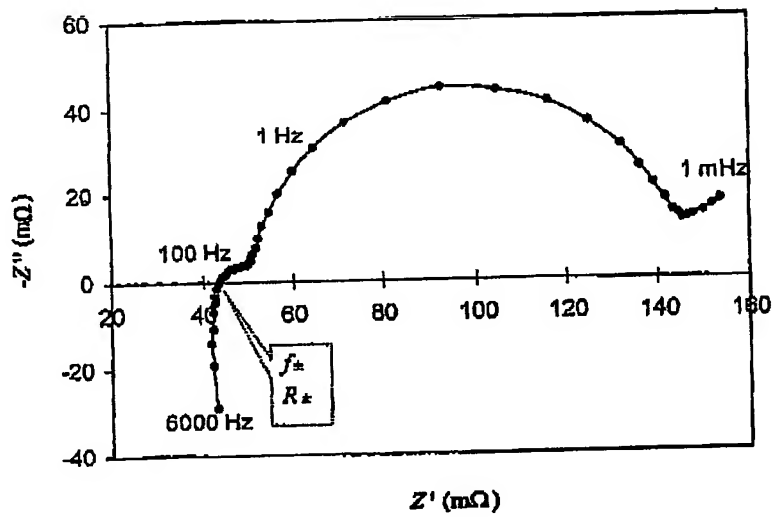


Fig. 1

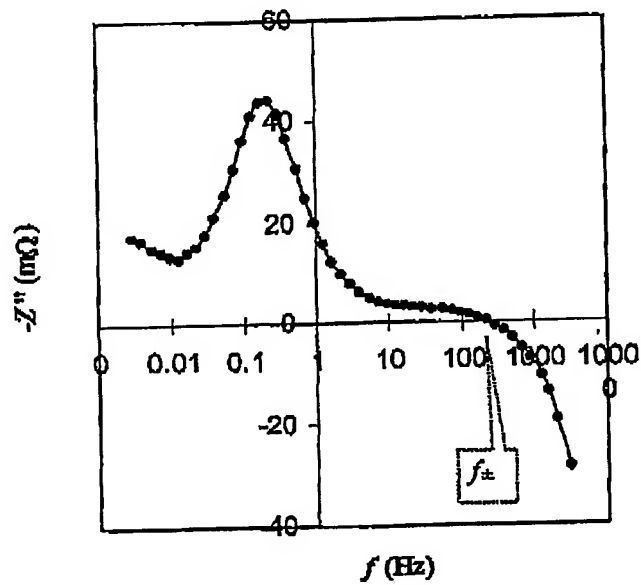


Fig. 2

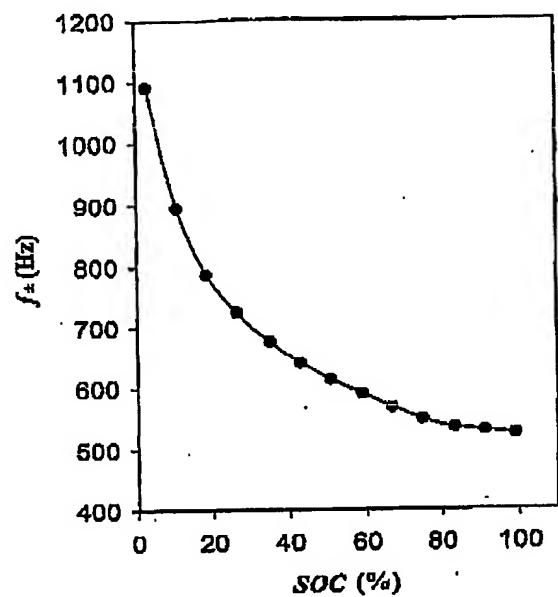


Fig. 3

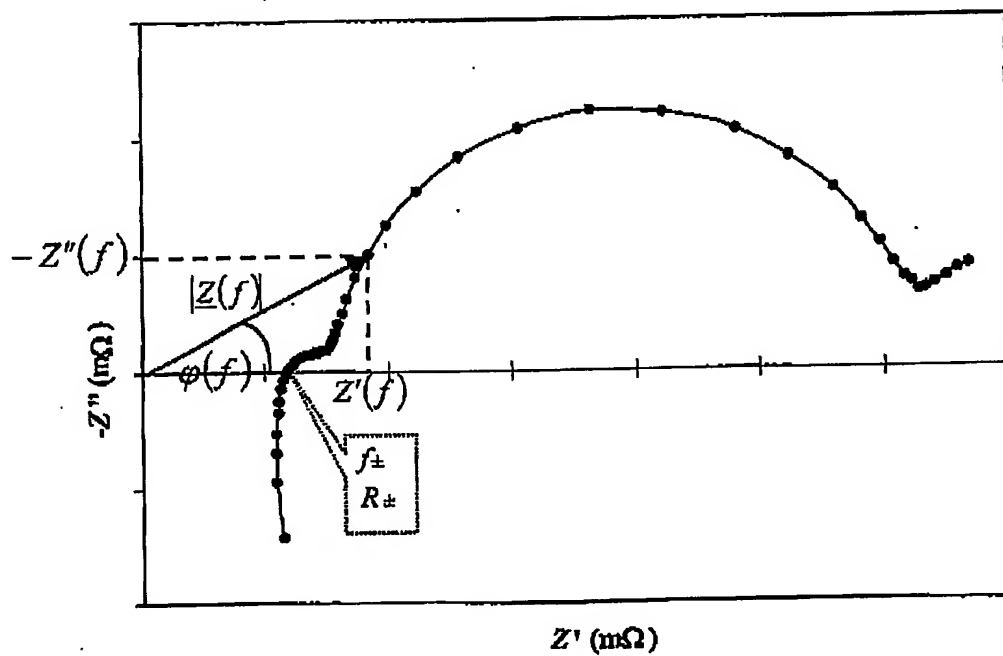
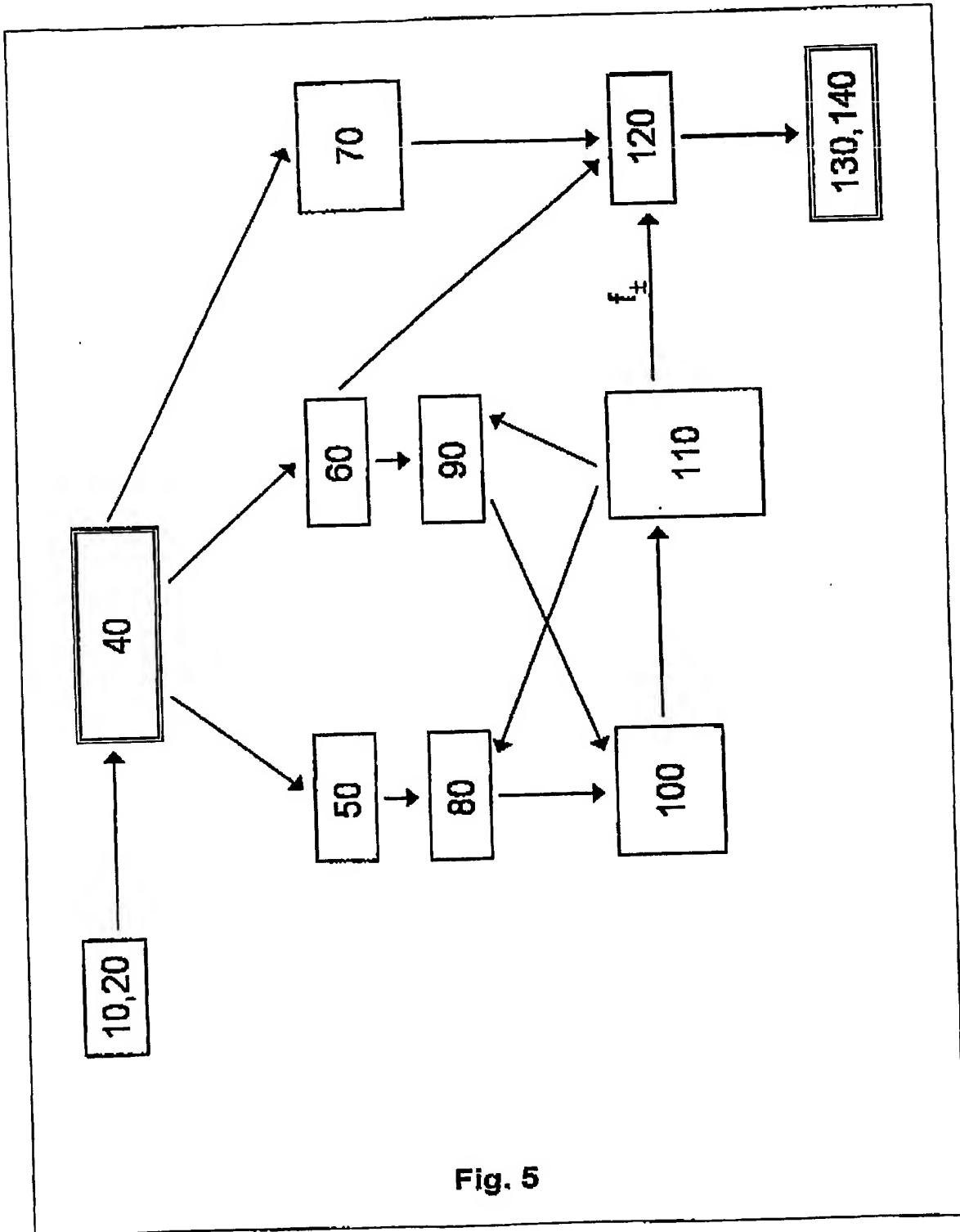
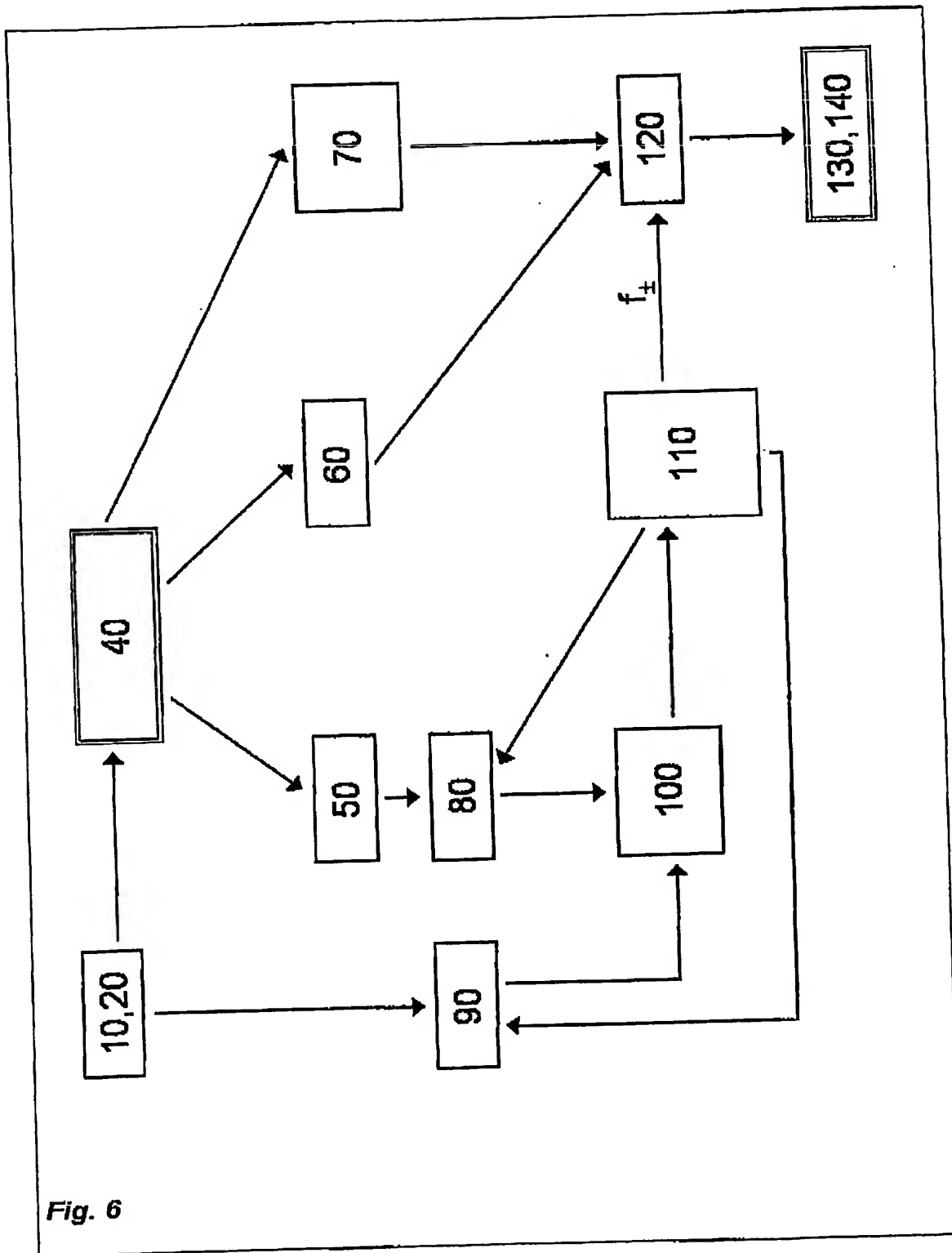


Fig. 4





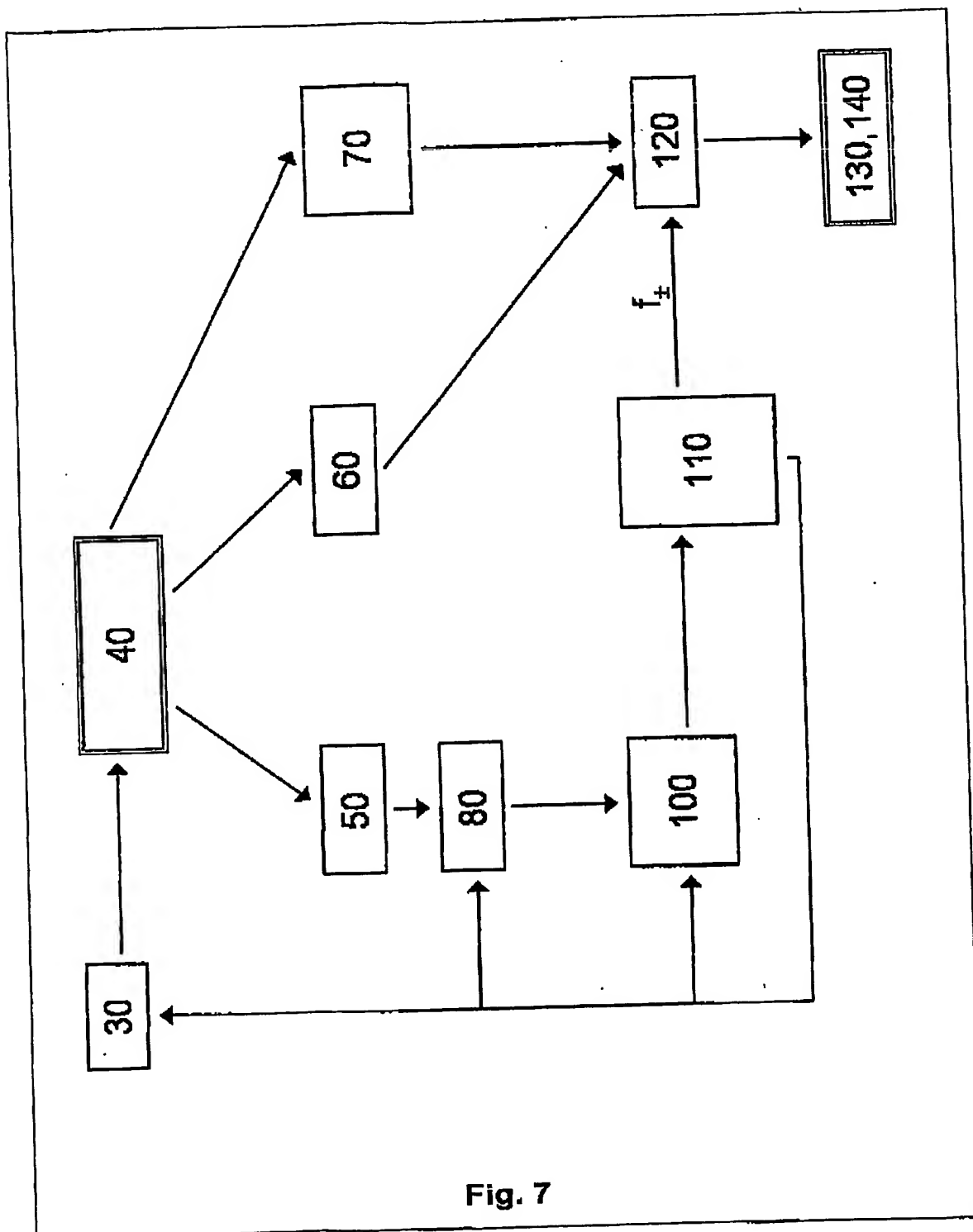


Fig. 7

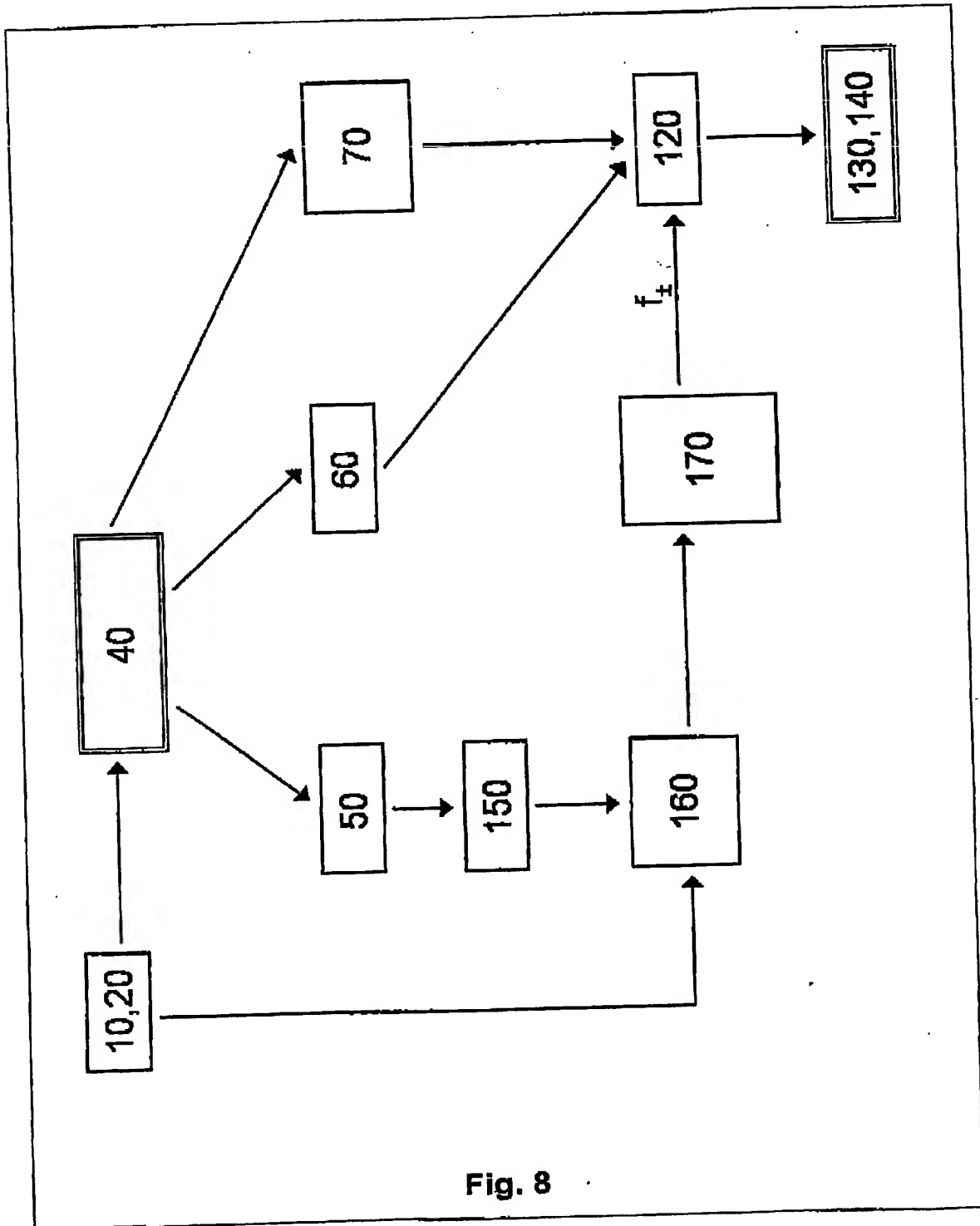


Fig. 8

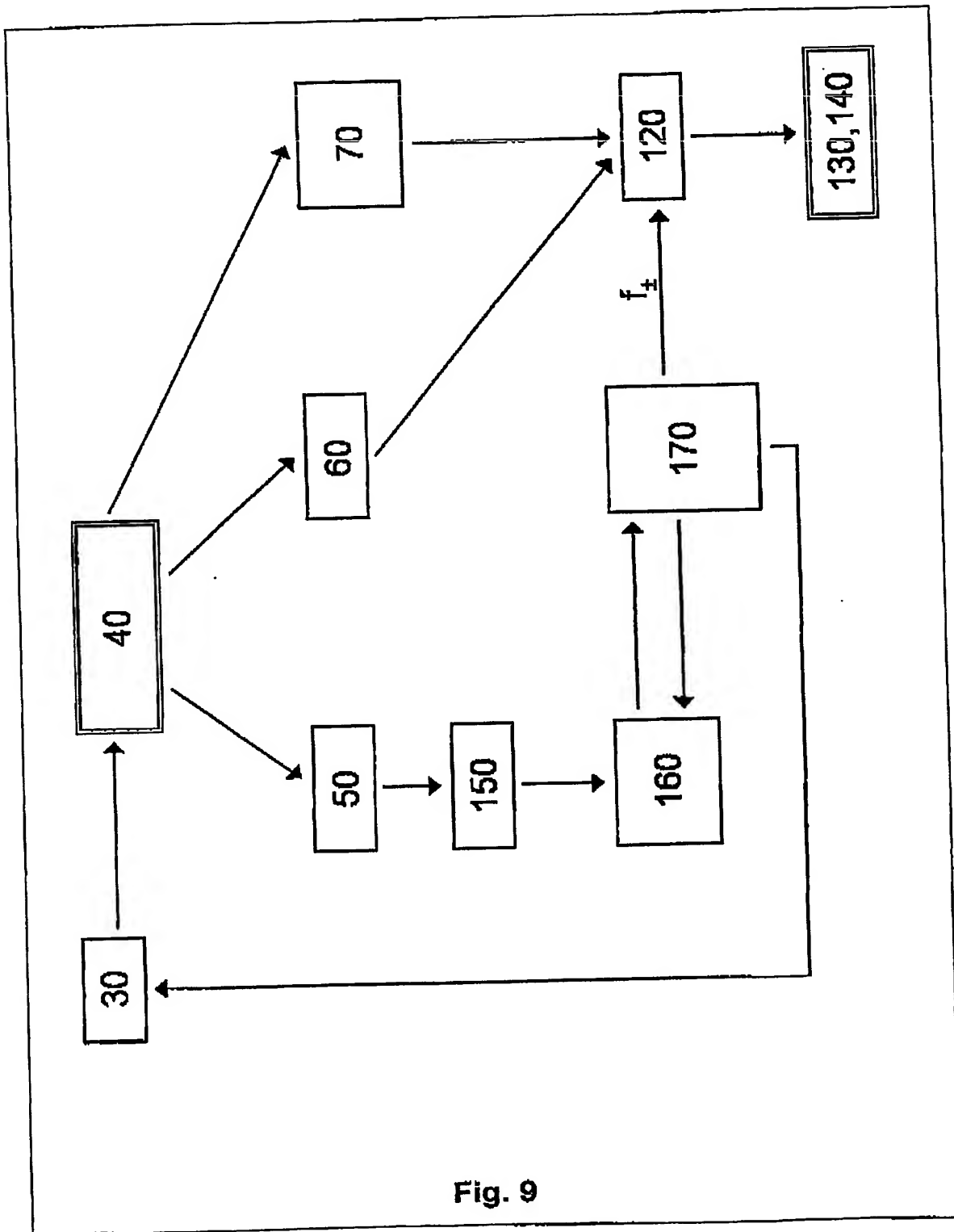


Fig. 9

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☒ FADED TEXT OR DRAWING

☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☒ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**